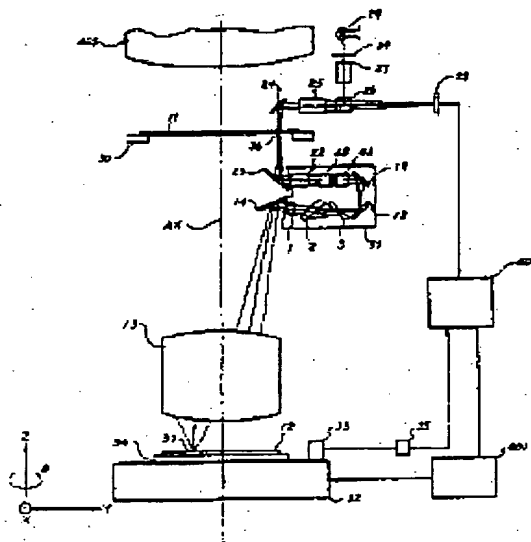


METHOD AND APPARATUS FOR OBSERVATION**Publication number:** JP3061802**Publication date:** 1991-03-18**Inventor:** KANDA TSUNEO; INE HIDEKI**Applicant:** CANON KK**Classification:****- international:** G01B11/00; H01L21/027; H01L21/30; G01B11/00;
H01L21/02; (IPC1-7): G01B11/00; H01L21/027**- european:****Application number:** JP19890198261 19890731**Priority number(s):** JP19890198261 19890731

Report a data error here

Abstract of JP3061802

PURPOSE:To use a plurality of lights different in wavelength to obtain correct position information of a wafer by a method wherein an auxiliary optical system using a transparent wedge member and four parallel planes is placed so as to align in position a pattern on a reticle with a pattern on the wafer on an optically equal plane. **CONSTITUTION:**A circuit pattern on a reticle 11 is illuminated by light of g-rays while a circuit pattern image is projected on a wafer 12 by a projection lens system 13. On the other hand, an alignment mark 37 on the wafer 12 is projected by polychromatic light from a light source 29 and formed in the vicinity of a reticle alignment mark on the reticle by the projection lens system 13 and an auxiliary optical system 31. The auxiliary optical system 31 comprises a transparent wedge member 1 and parallel planes 2, 3, 4A, 4B which are mutually placed in V-shapes, and this system aligns in position the pattern on the reticle 11 with the pattern on the wafer 12 in an optically equal plane thereby facilitating observation of both patterns and enabling highly accurate alignment of the reticle 11 and the wafer 12.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

⑫ 公開特許公報(A)

平3-61802

⑬ Int. Cl.⁵G 01 B 11/00
H 01 L 21/027

識別記号

C

庁内整理番号

7625-2F

⑬ 公開 平成3年(1991)3月18日

2104-5F H 01 L 21/30

3 1 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全15頁)

⑭ 発明の名称 観察方法及び観察装置

⑮ 特 願 平1-198261

⑯ 出 願 平1(1989)7月31日

⑰ 発 明 者 神 田 恒 雄 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キャノン株式会社
小杉事業所内⑰ 発 明 者 稲 秀 樹 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キャノン株式会社
小杉事業所内

⑰ 出 願 人 キャノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

⑰ 代 理 人 弁理士 丸島 儀一 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

観察方法及び観察装置

2. 特許請求の範囲

(1) 第1物体のパターンを第2物体上に投影する投影光学系を介して前記第2物体を観察する方法であって、前記第2物体を互いに波長が異なる複数の光で照明する段階と、前記投影光学系からの前記第2物体に関する互いに波長が異なる複数の結像光束の主光線が互いに平行になるよう補正する段階と、該補正段階後、前記複数の結像光束により形成した前記第2物体の像を観察する段階とを有する観察方法。

(2) 第1物体のパターンを第2物体上に投影する投影光学系を介して前記第2物体を観察する装置であって、前記第2物体を互いに波長が異なる複数の光で照明する照明手段と、前記投影光学系からの前記第2物体に関する互いに波長が異なる複数の結像光束を受けて前記第2物体の像を形成する像形成光学系とを備え、該像形成光学系が

前記複数の結像光束の主光線を互いに平行にする補正手段を有する観察装置。

(3) 前記補正手段が楔形の透光性部材より成る特許請求の範囲第(2)項記載の観察装置。

(4) 前記照明手段が、前記第1物体のパターンを投影する時に使用する光の波長とは異なる波長を有する前記波長が異なる複数の光で前記第2物体を照明する特許請求の範囲第(3)項記載の観察装置。

(5) 前記像形成光学系が、前記楔形透光性部材からの前記複数の結像光束を受けて、前記複数の結像光束の主光線を互いにほぼ一致せしめるよう前記投影光学系のメリジオナル面内で光軸に対して傾けた第1平行平板と該第1平行平板で発生するコマ収差を補正するよう前記メリジオナル面内で光軸に対して傾けた第2平行平板とを有する特許請求の範囲第(3)項記載の観察装置。

(6) 前記像形成光学系が、前記投影光学系と前記楔形透光性部材と前記第1と第2平行平板より成る系で発生する非点収差を補正するよう前記投

影光学系のサジタル面内で光軸に対し互いに逆方向に同じ角度で傾いた一対の平行平板を有する観察装置。

3. 発明の詳細な説明

〔技術分野〕

本発明は観察方法及び観察装置に関し、例えば半導体製造用露光装置においてレチクルに形成されたIC、LSI等の回路パターンを投影レンズによりウエハ面上に投影する前に、ウエハ面に形成したアライメントマークを投影レンズを介して観察し、ウエハの位置情報を得る場合に好適な観察方法及び観察装置に関する。

〔従来技術〕

従来、投影露光装置において、ウエハ面に形成したアライメントマークを投影光学系を介して観察し、ウエハの位置情報を得ることが良く行われている。

従来の縮小投影露光装置では、ウエハの位置情報を得るためのウエハアライメントマークの観察を、装置の投影レンズを介して行っていた。この

体を正確に観察することが可能な観察方法及び観察装置を提供することが目的である。

この目的を達成するために、本観察方法は、第1物体のパターンを第2物体上に投影する投影光学系を介して前記第2物体を観察する方法であって、前記第2物体を互いに波長が異なる複数の光（多色光）で照明する段階と、前記投影光学系からの前記第2物体に関する互いに波長が異なる複数の結像光束の主光線が互いに平行になるよう補正する段階と、該補正段階後、前記複数の結像光束により形成した前記第2物体の像を観察する段階とを有する。

また、本観察装置は、第1物体のパターンを第2物体上に投影する投影光学系を介して前記第2物体を観察する装置であって、前記第2物体を互いに波長が異なる複数の光（多色光）で照明する照明手段と、前記投影光学系からの前記第2物体に関する互いに波長が異なる複数の結像光束を受けて前記第2物体の像を形成する像形成光学系とを備え、該像形成光学系が前記複数の結像光束の主光線を互

に平行にする補正手段を有する。

種の投影レンズを介した観察方法では、露光に使用する光の波長と同じか、或いは、この波長に近い波長を備えた単色光を使用して観察するのが、投影レンズで生じる色収差の影響を受けないので好ましい。しかしながら、通常、ウエハの基板面は所定の厚さのレジスト層におおわれており、ウエハアライメントマークの観察に単色光を用いると、レジスト層の上面と下面（基板面）からの光同志が干渉を起こしてアライメントマークの観察がうまくいかない。

このような干渉の問題を解決する方法が、米国特許No.4,355,892に開示されている。この、米国特許では、レジスト層での干渉の影響を軽減するために、互いに波長が異なる2つの単色光でウエハを照射し、投影レンズを介してウエハアライメントマークを観察している。

〔発明の概要〕

本発明は上記米国特許に記載された観察方法及び観察装置に改良を加えたものであり、互いに波長が異なる複数の光と投影光学系を使用して、物

体に平行にする補正手段を有する。

本発明では、上記補正段階や補正手段を有しているため、投影光学系の瞳の収差の各波長による違いを補正することが可能になる。従って、投影光学系の光軸方向に第2物体が変位して第2物体の像がデフォーカスしても、各波長の結像光束による第2物体像が互いに同じようにずれるので、第2物体の変位によらず安定して第2物体の観察が行える。

本発明に用いる互いに波長が異なる複数の光は、連続的なスペクトルを有する白色ランプ等で供給したり、或いは互いに異なる波長の光を放射する複数のLED又はレーザーで供給したり、或いは互いに異なる波長の光を放射するレーザー（ゼーマンレーザー）で供給することが可能である。また、本発明の観察方法及び観察装置は半導体製造用の投影露光装置に好適であり、マスクパターンが投影される被投影物体であるところのウエハのウエハアライメントマークを投影光学系を介して良好に観察できる。従って、正確にウエハの位置情報

を得、マスクに対してウエハを精度良く位置合せできる。

本発明のいくつかの特徴と具体的構成は、以下に示す各実施例から明らかになる。

〔実施例〕

第1図は本発明の基本概念を説明するための説明図である。第1図において、1は楔形透明部材、2は高分散ガラスより成る平行平板、3は低分散ガラスより成る平行平板、4A、4Bは所定の分散値を有するガラスより成る平行平板を示す。また、Mは互いに異なる波長 λ_1 、 λ_2 （の光）を有する結像光束を示し、不図示の波長 λ_3 （ $\neq \lambda_1$ 、 $\neq \lambda_2$ ）の光に対して収差補正された投影光学系から射出した光束である。尚、平行平板4A、4Bは後述する理由から、互いに同じガラス材料で同じ板厚になるように構成してある。

第1図において、不図示の投影光学系から射出した、実線で示す波長 λ_1 の結像光束と破線で示す波長 λ_2 の結像光束の主光線 L_{10} 、 L_{20} の傾きは、投影光学系の瞳の収差の違いにより、互いに異

また、上記(1)式が満足されることにより、第2図の如く、波長 λ_1 の光束と波長 λ_2 の光束は部材1の光射出面から互いに同じ角度 i_3 で射出する。従って、両光束の主光線 L_{10} 、 L_{20} は互いに平行となる。

楔形透明部材1を射出した波長 λ_1 、 λ_2 の光束は、各光束の主光線（光軸）に対して角度 θ_1 だけメリジオナル面内で傾いた平行平板2に入射する。平行平板2は高分散ガラスより成るため入射光の波長の違いによる屈折率差が大きい。従って第3図(A)に示すように入射光の波長が異なるとプリズム効果による光束の横シフト量に差がつく。この性質を利用し平行平板2で、楔形透明部材1からの互いに主光線が平行な波長 λ_1 、 λ_2 の光束の主光線を平行平板2の光射出面ではば一致せしめる。この時、各光束の主光線 L_{10} 、 L_{20} に対する角度が等しい対称な2つの光線、例えば第1図で示す光線 L_{11} と L_{12} 間及び L_{21} と L_{22} 間に光路長差がつきコマ収差が生じる。従って、各光束が像面に形成する像の像質を劣化させる。そこで、平

なっている。このままの状態、波長 λ_1 の光束と波長 λ_2 の光束がフォーカスして物体像を形成すると、各光束による像形成位置が互いに異なり、また、各々の像面に対する各光束の主光線 L_{10} 、 L_{20} の入射角も異なる。

ここでは、波長 λ_1 の光束と波長 λ_2 の光束の主光線 L_{10} 、 L_{20} の傾きを互いに平行にするために、楔形透明部材1を両光束の光路中に設けており、部材1の波長 λ_1 、 λ_2 の光に対する屈折率 n_1 、 n_2 と頂角 δ （光入射面と光射出面の成す角）が次の式を満たすように部材1が構成してある。

$$\begin{aligned} n_1 \sin \left\{ \pi - \delta - \sin^{-1} \left(\frac{\sin i_1}{n_1} \right) \right\} \\ = n_2 \sin \left\{ \pi - \delta - \sin^{-1} \left(\frac{\sin i_2}{n_2} \right) \right\} \\ = \sin i_3 \end{aligned} \quad \dots (1)$$

ここで、 i_1 、 i_2 は第2図に示すように、波長 λ_1 の光束の主光線 L_{10} と波長 λ_2 の光束の主光線 L_{20} の、部材1の光入射面に対する入射角である。

平行平板2で生じた光線 L_{11} と光線 L_{12} の間の光路長差と光線 L_{21} と光線 L_{22} 間の光路長差を補正してコマ収差を補正するため、平行平板2に対し「ハ」の字を成すように、各光束の主光線に対してメリジオナル面内で角度 θ_2 だけ傾けて平行平板3を設けている。平行平板3は低分散ガラスであるため入射光の波長の違いによる屈折率差が微小である。従って第3図(B)に示すように、低分散ガラスでは、同一の長さ、同一の入射角における平行平板での波長 λ_1 と λ_2 に対する主光線のずれは、高分散ガラスの場合に比して極めて微小である。

この様に平行平板2、3の傾き角 θ_1 、 θ_2 、板厚、屈折率を適宜設定し、高分散の平行平板2と低分散の平行平板3の分散の差を利用することにより、平行平板3の光射出面上で各波長 λ_1 、 λ_2 の主光線を一致させたままコマ収差を除去することが可能になる。

以上述べた方法で、第1図の紙面内即ちメリジオナル面内の光線収差は補正される。しかし、こ

の断面に垂直な断面即ちサジタル面内での光線は、平行平面板2, 3を通過することにより生じた収差のためにメリジオナル面内の光線の像形成位置からずれたところに像を形成してしまう。即ち、像面において非点収差が発生する。そこで光軸（主光線）を回転軸として平行平面板2, 3に対し90°回転させた一対の平行平面板4A, 4Bを各光束の光路内に設ける。平行平面板4A, 4Bは硝材及び板厚が同じで、光路中に「ハ」の字を成すように組み込まれている。また、光軸に対する平行平面板の設定角度の絶対値は等しい。この平行平面板4A, 4Bの硝材や板厚、光軸に対する設定角度等のパラメータを調整することにより投影光学系部材1、平行平面板2, 3の作用で像面に発生する非点収差を消去することができる。その際、各波長 λ_1 , λ_2 における非点収差の差は平行平面板4A, 4Bの硝材を選択することによって補正することができる。また、像面で波長 λ_1 , λ_2 間に倍率色収差が発生している場合には、この像面の後ろにそれを補正する結像光学系を設けて再結像させれ

ば移動動作を高精度に行う為のXYステージ32上に載置されている。XYステージ32はX-Y面内で移動するものであり、 θ -Zステージ34同様、ステージ駆動装置401からの指令に基づいて駆動される。XYステージ32にはステージ位置計測の基準となる光学スクウエア33（ミラー）が置かれており、この光学スクウエア33をレーザー干渉計35でモニターしている。

14は折り曲げミラー、31は補助光学系であり、投影レンズ系13のメリジオナル面内で結像光束を偏向するよう配置した楔形透明部材1と、メリジオナル面内で互いに傾けて配置した2つの平行平面板2, 3と平行平面板2, 3を傾けた面と直交するサジタル面内で互いに同一角度傾けて配置した、即ち平行平面板2, 3に対し観察光学系31の光軸を回転軸として90度回転させて配置した2つの平行平面板4A, 4Bを有している。

18, 19, 23は折り曲げミラー22は補正レンズ系を示す。36は投影光学系13と観察光学系31によってアライメントマーク37の像が形成される

ば、像質の非常に優れた多色光による像を得ることができる。また、微小なコマ収差や各波長 λ_1 , λ_2 の主光線のずれを補正する際は平行平面板2, 3の代わりに高分散ガラスと低分散ガラスを貼り合わせた貼り合せ平行平面板を使用すると非常に像質の良い多色光による像を得ることができる。

第4図は本発明を半導体製造用の縮小投影露光装置に適用した一実施例を示す概略図である。同図において、11は第1物体としてのレチクルで、レチクルステージ30に載置されている。12は第2物体としてのウエハでレジストが塗付されている。13は縮小投影レンズ系で、レチクル11のレンズ系13側の面に描かれた回路パターンをウエハ12面上に投影している。この投影レンズ系13はウエハ12側がテレセントリックで、レチクル11側が非テレセントリックになるよう構成してある。34は θ -Zステージでウエハ12を吸着して載置しており、ステージ駆動装置401からの指令に基づいてウエハ12の θ 方向の回転角及びZ方向の位置調整を行っている。 θ -Zステージ34はウエハ12のステツ

位置を示し、この位置にレチクル11のアライメントマークが設けられている。24は折り曲げミラー、25はアライメントスコープ（対物レンズ）、26はビームスプリッターを示す。27は照明用コンデンサレンズ、29は白色光源、39は白色光源からの光のうちウエハ12のレジストを感光させない、いくつかの波長の光を取り出すフィルターを示す。28はCCDから成る撮像装置で、投影レンズ系13の回路パターン結像面と共役な位置に設けられている。402は撮像装置28、レーザー干渉計35、ステージ駆動装置401と信号線で電気的に接続されたコントローラを示す。また、403は照明光学系の一部を成すレンズであり、超高圧水銀灯などが放射したg線より成る露光光でレチクル11の回路パターンを均一照度で照明する。尚、露光光を供給する光源は、KrFエキシマレーザーなどのレーザー光源、i線を放射する光源でも良い。コントローラ402は信号線を介して、撮像装置からのウエハ12に関する位置情報とレーザー干渉計35からのステージ位置情報を受け、ステージ32, 34の駆

動制御を行うための信号をステージ駆動装置40.1に入力する。このような手順によって、レチクル11に対するウエハ12の位置合せが行われる。

白色光源29から射出した白色光はフィルター39に入射し、フィルター39を介してウエハ12のレジストを感光させない、互いに波長が異なる複数の光を含む照明光束になる。この照明光束はビームスプリッター26で反射してアライメントスコープ25、折り曲げミラー24を経てレチクル11のアライメントマーク近傍を照射し、レチクル11を通過して、補助光学系31、投影レンズ系13を経て、ウエハアライメントマーク37上に照射される。ウエハ12で反射した反射光は、照明光の経路（光路）をビームスプリッター26まで逆にたどり、ビームスプリッター26を通過して撮像装置28へ向けられ、撮像装置28上にレチクル11とウエハ12の像を結ぶ。そして撮像装置28でレチクル11とウエハ12上のアライメントマークの位置関係を観察している。

本実施例ではレチクル面11上の回路パターンを

ウエハ12上のアライメントマーク37は、多くの場合露光光の波長よりも観察用の光の波長が長いのでレチクル11よりも上方に結像する。

例えば、投影レンズ系13のパターン投影倍率が1/5倍の時、ウエハ12側での軸上色収差が300 μ mであったとすると、レチクル11側でのウエハ12の像は、 $0.3 \times 5 = 7.5$ (mm) だけレチクル11の上方に結像する。

この為、レチクル11のアライメントマーク等のパターンとウエハ12上のアライメントマーク等のパターンを同時に観察するのが困難となる。従って従来より、例えば前述の米国特許にも示してあるようレチクルと投影レンズ系との間に双方のパターン像を合致させる為の種々の補助光学系を配置して補正している。しかしながら、従来の補助光学系で完全なる収差補正を行うのは難しく、双方のパターンを良好に観察するのは困難であった。

本実施例では、レチクル11と投影レンズ系13との間に、サジタル面内（方向）だけではなくメリジナル面内（方向）の両面内方向にわたって

g線（ $\lambda = 436$ nm）の光で照明し、投影レンズ系13により回路パターン像をウエハ12上に投影している。一方、ウエハ12上のアライメントマーク37は光源29からの多色光で照射され、投影レンズ系13と補助光学系31によりレチクル11上のレチクルアライメントマークの近傍に結像される。そして、アライメントスコープ25と撮像装置28により双方のアライメントマークを同時に観察している。本実施例の装置で補助光学系31を可動にし、ウエハアライメントマークの位置に応じて移動させることも可能であるが、以下簡単の為、補助光学系31の位置を固定したものと説明する。

投影レンズ系13は、回路パターンの投影露光のためのg線に対応する波長では良好に収差補正されているが、アライメントマークを観察するための光の波長では収差補正が充分になされていない。特に、色の違いによる諸収差、例えば軸上色収差、倍率色収差、色の球面収差、色のコマ収差、色の非点収差等が多く残存している。

この為、ウエハ面を物体面として考えた時、ウ

良好に収差補正を行った。特に色による諸収差を使用波長すべてにわたり良好に補正し得る補助光学系31を配置することによって、レチクル11上のパターンとウエハ12上のパターンの位置を光学的に同一面内で合致させて、双方のパターンの観察を良好にし、レチクルとウエハの高精度な位置合せを可能としている。

本実施例における補助光学系では、投影レンズ系13によるアライメントマークの観察用の光の波長（即ちアライメント波長）で生ずる色の諸収差を補正する為に、第1図で示した如く配置した楔形透明部材1と4枚の平行平板2, 3, 4A, 4Bを用いて、瞳の収差（色の球面収差）、コマ収差及び非点収差を補正することを特徴としている。

このうち、投影レンズ系13のメリジナル面内で傾けた、即ちメリジナル面内の結像光束を偏向するように配置した楔形透明部材1により投影レンズ13の各観察用の光の各波長（ λ_1 , λ_2 ）に対する瞳の色の球面収差を補正し、各波長の光の主光線を互いに平行にする。次に前述のメリジナル

ナル面内の結像光束に対しメリジオナル面内で斜めに傾けて配置した平行平面板2により投影レンズ系13の観察用の光の各波長に対する倍率色収差を補正し、各波長の光の主光線を補助光学系31の光軸と一致させている。このとき、平行平面板2の光軸に対する傾き角度は投影レンズ系13での収差発生量と平行平面板2の屈折率、分散、厚さに応じ定まる。楔形透明部材1と平行平面板2は投影レンズ系13の瞳の色の球面収差と倍率色収差に対しては効果的であるが、第1図で説明したように、結像光束にコマ収差を発生させる原因となってくる。そこで本実施例ではメリジオナル面内で、平行平面板2と同様に光軸に対して傾けて配置した平行平面板3を結像光束の光路中に設け、投影レンズ系13と楔形透明部材1と平行平面板2から成る系の観察用の光の各波長に対するコマ収差を補正している。このとき傾ける角度は、主として投影レンズ系13からの収差発生量と平行平面板3の厚さに応じて定まる。この1枚の平行平面板3はコマ収差に対しては効果的であるが、その一方で非点収差を発生さ

ズ系13が観察用の光の波長ではコマ収差のみ発生して非点収差が発生しない無い場合には、2つの平行平面板4A、4Bの光路長を平行平面板2、3の光路長の和の略1/2とし、しかも平行平面板2、3と平行平面板4A、4Bが互いに振れてはいても、補助光学系31の光軸に対してなす角度が4つの平行平面板2、3、4A、4Bで全て等しくすれば、投影レンズ系13のコマ収差と非点収差を良好に補正した状態でのアライメントマークの観察が可能となる。

又、投影レンズ系13で観察用の光の波長に対して非点収差が生じる場合には、平行平面板2、3と2つの平行平面板4A、4Bが光軸に対してなす角度を、平行平面板3以前の系で発生する非点収差量に応じて互いに異ならしめれば、投影レンズ系13で生じる非点収差をも補正したアライメントマークの観察が可能となる。即ち本実施例では、平行平面板4A、4Bの傾きを調整することによって非点収差の補正量を任意に変えることを可能としている。

せる原因となってくる。平行平面板3で生じる非点収差と投影レンズ系13と楔形透明部材1と平行平面板2の観察用の光の波長での非点収差とを合わせたものが、平行平面板3までの系の非点収差となる。そこで、本実施例では2つの平行平面板4A、4Bを平行平面板2、3を光軸に対して傾けた平面と直交する面内（サジタル面）で互いに傾けて配置することにより、系の非点収差を補正している。即ち、平行平面板2、3を補助光学系31の光軸を回転軸として90度回転せしめた状態の平面内で2つの平行平面板4A、4Bを配置している。

平行平面板4A、4Bは互いに同じ厚さのときは、光軸と直交する所定の線に関して線対称的な関係で配置すれば良く、又、互いに異った厚さのときは互いに異った角度で傾けて配置すれば良い。そして2つの平行平面板4A、4B全体でコマ収差を発生させないようにしている。そして、平行平面板4A、4Bの非点収差が平行平面板3以前の系による非点収差と互いに打ち消し合うように平行平面板4A、4Bを調整している。例えば、投影レン

本実施例では、以上のような構成によりコマ収差と非点収差を良好に補正することによって、投影レンズ系13のサジタル面内（方向）だけでなくメリジオナル面内（方向）にもわたって良好なる収差補正を行い、レチクル11上とウエハ12上の双方のアライメントマークを、同時に鮮明な像として観察するのを可能としている。そしてこれにより高精度のアライメントを可能としている。

尚、本実施例において、投影レンズ系13の観察用の光の波長での球面収差が多少残存している場合には、補正レンズ部22で補正しておくのが良い。この場合投影レンズ系13の観察用の光の波長での球面収差は、補正レンズ部22で逆の球面収差を発生させて補正するのが良い。又、投影レンズ系13の軸上の色収差を補正レンズ部22で補正することができる。投影レンズの倍率の色収差は前述の様に平行平面板を含むユニットで補正されている。

又、補正レンズ部22がレチクル11側に配置されていて、しかも比較的小さな（例えば、0.1以下の）N.A.で使われる場合であって、例えば数 λ と

いう大きな球面収差があったときには、補正レンズ部22の一部であって、投影レンズ系13の瞳位置と略共軸の位置に非球面材を配置して補正することも可能である。例えば長波長側で補正不足となる球面収差の発生があった場合には、レンズの周辺部にいくに従い負の屈折力が増大する形状の非球面レンズを用いれば良い。

尚、本実施例における補助光学系31の挿入は、アライメントマーク観察時とパターン投影露光時の条件を変更していることになる為、ベースラインとして光学系の調整、又はオフセットとして処理されるファクターを含んでいる。光学系の調整で処理し得る収差としては観察光学系の光路長の調節によりピント調整が可能という点から色によるピントずれ(軸上色収差)、像面弯曲が挙げられる。また補助光学系31の挿入による像点のシフト、投影レンズ系13の色の歪曲収差等は位置ずれのオフセットとして光学的又は電氣的に処理することができる。

要するに、ピントを取り直したり、像の位置が

エハ11上のアライメントマーク37などのパターンを反転した状態で観察することになるが、それは前述のオフセット同様、撮像装置28で光電変換した後信号処理で符号反転することにより何ら問題なく観察することができる。

又、本実施例の補正レンズ部22はウエハ12上のパターンをレチクル11上に結像させる機能の他にウエハ12を所定の倍率でレチクル面上に投影させる調整機能を有するようにしている。例えば、投影倍率5倍の投影光学系を使用するときは正確に5倍となるようにし、これにより(この場合、補正レンズ部22自体の結像倍率は-1倍)後の処理装置に対する負荷を少なくさせている。補正レンズ部22の機能を-1倍の結像作用をもつようにしたが、逆に1倍の結像作用をもつようにすることも可能である。

尚、本実施例では主に投影レンズ系13によって発生した色による諸収差のうち瞳の収差、コマ収差、非点収差そして球面収差を、補助光学系31で補正し、ピント、像面のずれは光路長を調整し、倍

単純にずれるだけのことであれば簡単にオフセット処理し得るので、あまり問題にならない。

実際に、像を検知する場合に問題となるのは、像のコントラストを損なう球面収差、コマ収差そして非点収差であり、前述の様に投影レンズ系13のこれらの諸収差は、露光光の波長では良好に補正されているものの、観察用の光のいくつかの波長では必ずしも良好に補正されていない。しかしながら、これらの諸収差の観察用の光の波長での発生の仕方は、露光光の波長での良好な収差補正からの単純なズレとして、基本的な3次収差の領域で扱えるということが解析の結果判明したので、前述の構成の補助光学系31を用いることにより、良好なる収差補正を行い、鮮明なるアライメントマーク像観察が可能な観察装置の達成を可能としている。

以上のような構成により、本実施例では投影レンズ系13を介してウエハ12上の状態を良好に観察している。このとき本実施例では補助光学系31と3つのミラー18、19、23を用いている為、ウ

率、デイスティーションはオフセット処理により、全体的に補正している。これによりレチクルとウエハの双方の観察を良好にし、高精度のアライメントを可能としている。

本実施例では従来のようにサジタル面内(方向)だけではなく、メリジナル面内(方向)を含むあらゆる方向にわたって光学系の収差を良好に補正しているのでウエハ12上の一点のアライメントマークの観察を行うことによりXとY方向の2つの信号(ウエハ位置情報)を検知することができる。2次元的なアライメントを行うには、少なくとももう一点の観察を行い、これにより θ 方向を合わせる必要が生ずる。これは第4図に示すような1つの観察系のみを用いて行うことも可能であるが、第5図に示すように第4図で示した観察系を2つ配置し、一対の観察系(24~29, 39, 24'~29', 39')で一対のアライメントマークを観察すれば、スループットを保ちながらX, Y, θ 方向に関するレチクル11とウエハ12の位置合せが可能になる。

また、レチクルアライメントマークとウエハア

ライメントマーク37の観察は、レチクル11とウエハ12を同時に観察しなくても可能である。次に、その実施例を示す。

第6図は本発明を半導体製造用の縮小投影露光装置に適用した第2実施例を示す概略図であり、第4図で図示した部材と同じ部材には同一符号を付している。本実施例の特徴は、レチクル位置合せ用光学系Rとウエハ位置合せ用光学系Wとを個別に設けた点である。

同図において、14は折り曲げミラー、1は楔形透明部材、2, 3, 4A, 4Bは平行平面板で、部材1, 2, 3, 4A, 4B, 14により補助光学系31を構成している。補助光学系31の各部材の基本的な配列状態は第4図で示したものと同一であり、ここでは説明を省略する。

40は対物レンズ、41はビームスプリッター、42はリレーレンズ、43はCCDから成る撮像装置であり、撮像装置43(の受光面)上にウエハ12のアライメントマーク37が結像される。アライメントマーク37の像を形成して、アライメントマーク

とレチクル11のレチクルアライメントマークを照明する。これらのマークからの光はミラー54で光路の方向を変えられ、対物レンズ55、リレーレンズ56を介して撮像装置(CCD)57に向けられ、撮像装置57上に基準マーク53をレチクルアライメントマークが結像する。尚、ファイバー51へ光を供給するためには、レチクルのパターンを投影露光するための超高圧水銀灯などが放射する光の一部をファイバー51へ導入すればいい。

上記位置合せ光学系を用いて、まず、レチクル11を露光装置本体にセットする。レチクル11と基準マーク53はファイバー51からの光で照明され、撮像装置57上に両マークの像が形成されるし、そして、両マークの像の位置関係によりレチクル11の本体に対する位置ずれ量を算出する。その結果をもとにレチクルステージ30を不図示の駆動装置で駆動し、レチクルアライメントマークと、レチクル基準マーク53の位置合せを行う。この位置合せを行うとレチクルの中心と投影レンズ系13の光軸AXが一致して、レチクル11と露光装置本体

37を観察するための互いに異なる波長を有するいくつかの光より成る照明光は、白色光源46から照明用コンデンサレンズ45、非感光光のみを透過せしめるフィルター44を通り、ビームスプリッター41で補助光学系31へ向けられて、投影レンズ系13を介してウエハ12に導かれるウエハ12のアライメントマークの位置を検出するための基準となるマーク48(以下、「基準マーク48」と記す)は、白色光源50からの光で、基準マーク照明用コンデンサレンズ49を介して照明される。基準マーク48からの光は対物レンズ47を経てビームスプリッター41に入射し、ビームスプリッター41でウエハ12からの反射光(多色の結像光束)の光路と合成され、リレーレンズ42により撮像装置43へ向けられて、基準マーク48を撮像装置43上に結像する。

レチクル11を露光装置本体にセッティングするためのレチクルアライメント光学系Rの構成は以下の通りである。ファイバー51から非露光波長より成る照明光が射出し、照明光はプリズム52に入射して本体に固設してあるレチクル基準マーク53

との位置合せが終了する。

次にウエハアライメントマーク37と基準マーク48の位置合せについて述べる。

基準マーク48は光源50とレンズ49による照明光で照明され、光学系(47, 41, 42)を介して撮像装置43上に結像する。ここでは、基準マーク48及び光学系(47, 41, 42)の経時的な位置変動がないように構成してある。

ウエハ12上のウエハアライメントマーク37は白色光源46と光学系(45, 44, 41, 31, 13)による多色の照明光で照明され、その像が補助光学系31で収差補正された状態で撮像装置43上に形成される。多色の照明光の波長域はフィルター44によって決めることができる。従って、ウエハ11のレジストの状態(厚さ)によりフィルター44を交換することにより照明光の波長域を観察のために最適化すれば、ウエハ11のレジストによる干渉の影響を殆ど受けることなく常に鮮明なウエハアライメントマーク像を得ることができる。尚、この時、ウエハアライメントマーク照明用の多色照

明光の各波長を、レジストを感光させない波長にすれば、ウエハアライメントマーク37を観察するときに、不要なパターンがウエハ11のレジストに焼付けられないので、同じアライメントマークを各工程で使用することができる。また、多層レジストのような露光光を殆ど吸収してしまうようなものでも、アライメントマーク37の観察が可能となる。

さて、撮像装置43上に結像した基準マーク48とウエハアライメントマーク37の像は、撮像装置43によりビデオ信号に変換されて、撮像装置上の各々の像の位置が信号処理によって求められる。そして、両者の位置関係から基準マーク48のウエハ12上での仮想位置に対するウエハ12の位置が検出される。本実施例では、ウエハ12のウエハアライメントマーク観察位置と露光位置とが異なっているので、既知のズレ量観察位置から露光位置までの距離（ベースライン）に検出したウエハ12の位置ズレ量（X、Y両方向）を加算した分、ステージ駆動装置401によりXYステージ32を駆動して

である。但し、本実施例の投影露光装置の縮小投影レンズ系13は、レチクル11及びウエハ12側の双方がテレセントリックな系であり、レンズ系60、61により構成してある。又、XYステージ34上にはステージ基準マーク60が固設してあり、XYステージ34を観察位置から露光位置への移動させる時に用いるベースラインの値の経時的変化を補正する際の基準となるものである。

14は折り曲げミラー、1は楔形透明部材、2、3、4A、4Bは平行平面板を示し、部材1、2、3、4A、4B、14をくさび15と平行平面板16、17は投影光学系のメリジオナル断面内に互いに配列することにより補助光学系31を構成している。補助光学系31の各部材の基本的な配列状態は第4図に示したものと同一なので、ここでは説明を省略する。

40は対物レンズ、41はビームスプリッター、42はリレーレンズ、62はビームスプリッター、63はエレクトー、64はCCDから成る撮像装置を示す。

ウエハ12上のウエハアライメントマーク37を

レチクル11に対してウエハ12を位置合せし、パターンの投影露光を行えばいい。

本実施例でも、ウエハ上の異なる位置に設けた2つのウエハアライメントマークと、レチクル上の異なる位置に設けた2つのレチクルアライメントマークに対して、一対のレチクル位置合せ用光学系Rと一対のウエハ位置合せ用光学系Wを配置することにより、レチクルーウエハ間の位置合せにおける精度と処理速度の向上が図れる。

以上述べた実施例の投影レンズ系はウエハ12側のみがテレセントリックな系であり、またウエハ12上のウエハアライメントマーク観察用の光源も白色光源から成るインコヒーレント光源であったが、本発明はレチクル及びウエハ側の双方がテレセントリックな投影光学系を備えた装置、ウエハアライメントマーク観察用にコヒーレント光放射する光源を備えた装置にも実施できる。

第7図は本発明を半導体製造用の縮小投影露光装置に適用した第3実施例を示す概略図であり、第6図で図示した部材と同じ部材には同一符号が符し

観察するための照明光を供給する系は、次のように構成されている。光源は各々互いに波長が異なるレーザー光を供給する3本のレーザー70、71、72で構成してある。各レーザー70、71、72からのレーザー光は折り曲げミラー69、ビームスプリッター67、68により光路を一致せしめられる。66は照明用コンデンサレンズ、65は拡散板を示し、拡散板65が不図示の駆動機構により振動あるいは回転させられて、光源がレーザーであるゆえにウエハ12上に発生するスペックルパターンを平均化し、ウエハ12を均一に照明する。拡散板65を通過した多色レーザー光はビームスプリッター41、補助光学系31、投影レンズ系13を介してウエハ12に向けられる。

レーザー70、71、72からのレーザー光を効率的に使用するためには、互いの光路を重ねる際に用いるビームスプリッター67、68にダイクロイックミラーや偏光ビームスプリッターを用いる。例えば、ビームスプリッター67をダイクロイックミラーで構成して、レーザー70からの波長 λ_1 の

レーザー光が透過し、レーザー71からの波長 λ_2 ($\neq \lambda_1$) のレーザー光とレーザー72からの波長 λ_3 ($\neq \lambda_2 \neq \lambda_1$) のレーザー光とが反射するようにし、ビームスプリッター68を偏光ビームスプリッターで構成して、レーザー71からのレーザー光がS偏光光としてビームスプリッター68へ向けられて、レーザー72からのレーザー光がP偏光としてビームスプリッター68へ向けられるようにレーザー71, 72、ミラー69、ビームスプリッター68を配する。

12のウエハアライメントマーク37の位置を検出するための基準となる基準マーク48が、白色光源50と照明用コンデンサレンズ49により照明され、基準マーク48からの光がビームスプリッター62を介してエレクター63に入射して、エレクター63により撮像装置64に向けられて、撮像装置64上に基準マーク48の像が形成される。

一方、多色レーザー光で照明されたウエハ12からの反射光は、投影レンズ系13と補助光学系31を介して対物レンズ40に入射する。そして、補助

ントマークを照明する。レチクル基準マーク53と対応するレチクルアライメントマーク、レチクル基準マーク53'と対応するレチクルアライメントマークからの光は折り曲げミラー54, 54'、対物レンズ55, 55'、ビームスプリッター74, 74'、リレーレンズ56, 56'を介してCCDより成る撮像装置57, 57'に向けられる。そして、撮像装置57, 57'上に各々レチクル基準マーク53と一方のレチクルアライメントマークの像、レチクル基準マーク53'と他方のレチクルアライメントマークの像が形成される。これらの像を用いてレチクル11の位置合せを行う動作は前記実施例と同じである。また、本実施例では、対物レンズ55, 55'の焦点位置にレチクル11のパターン形成面が位置し、リレーレンズ56, 56'の焦点位置に撮像装置57, 57'の受光面が位置するようにしている。従って、対物レンズ55, 55'とリレーレンズ56, 56'の間では、レチクルアライメントマーク及び基準マークの像を形成する結像光束が平行光束となる。そして、ミラー54, 54'と対物レンズ55,

光学系31の作用で、瞳の収差、コマ・非点収差が補正される。対物レンズ40からの光は、ビームスプリッター41、リレーレンズ42、ビームスプリッター62、エレクター63を介して撮像装置64に向けられ、撮像装置64上にウエハアライメントマーク37の像を形成する。

撮像装置64上に形成した基準マーク48の像とウエハアライメントマーク37の像をビデオ信号に変換して、両マークの位置関係を検出する動作は、前記実施例と同様である。また、撮像装置64上に基準マーク48の像とウエハアライメントマーク37の像を形成する時、両マーク48, 37の像を同時に形成しても良いし、各マーク48, 37の像を順次形成しても良い。

レチクル11を露光装置本体にセットするためのレチクルアライメント光学系 R_1 , R_2 の構成は次の通りである。ファイバー51, 51'から射出した露光光とは異なる波長を有する各照明光はプリズム52, 52'でレチクル11側に反射せしめられ、レチクル基準マーク53, 53'とレチクルアライメ

55'が破線で示すように一体となり動くように光学系 R_1 , R_2 を構成し、別途照明源77, 77'、シャッター76, 76'、フィルター75, 75'を設けている。

この時、部材54 (54'), 55 (55'), 74 (74'), 75 (75'), 76 (76'), 77 (77')より成る照明系と部材54 (54'), 55 (55'), 74 (74'), 56 (56'), 57 (57')より成る結像系とで、TTL (Through The Lens) のウエハアライメントマーク観察系を構成することになる。即ち、光源77, 77'から露光光と同じ波長の光を含む光束を供給するようにし、対物レンズ55, 55'と折り曲げミラー54, 54'をレチクル12の所定箇所であってウエハアライメントマーク37を可観察な位置へ移動させることにより、投影レンズ系13とレチクル11を介してウエハアライメントマーク37の観察が行える。もちろん、レチクルアライメントマークも同時に観察できるよう、この所定箇所に他のレチクルアライメントマークを設けていてもよい。

尚、フィルター75、75'は光源77、77'から露光光と同一波長の光のみを取り出すためのものであり、光源77、77'がレーザー等であって、露光光と同じ波長のレーザー光又は露光光の波長に非常に近い波長のレーザー光を放射するものである時には、フィルター75、75'の代りに可動拡散板を設けて、レーザー光によるウェハ照明時のスペックルの平均化を行うと良い。

第7図には図示しなかったが、本実施例の如く互いに発振波長が異なる複数のレーザー70~72を観察用光源として用いる場合、各レーザー70~72の光射出口の直後に光軸を回転軸として回転可能な偏光板や濃度が可変のNDフィルターを設け、各レーザー70~72が供給するレーザー光の強度を変調できるようにすると便利である。このように構成すれば、各レーザー70~72自身の発光強度が揃うようにレーザーを選ばなくても各レーザー光の強度をほぼ一様にすることができし、所定の波長のレーザー光の強度を他の波長のレーザー光の強度より弱めてやるなどして、ウェハアライ

メントマーク37の観察条件を変更することができる。

以上説明した各実施例では、補助光学系31が楔形透明部材1、平行平板2、3、平行平板4A、4Bを有するものであったが、本発明では少なくとも楔形透明部材1を備えることにより各波長の結像光束の主光線を互いに平行にして、観察性能を向上させるから、他の部材2、3、4A、4Bは必ずしも必要ではない。

第8図は本発明を半導体製造用の縮小投影露光装置に適用した第4実施例を示す概略図であり、第6図に示した第2実施例の変形例である。

本実施例と第2実施例との相違点は補助光学系31の構成のみであり、他の構成は全く同一である。従って、第8図において第6図と同一の部材には第6図と同じ符号が用いられている。

第2実施例では、補助光学系31が楔形透明部材1、平行平板2、3、4A、4Bを備えていたが、本実施例の補助光学系31は楔形透明部材1と平行平板4A、4Bのみを備え、平行平板2、3は

備えていない。本実施例では、フィルター44により互いに波長が異なるものの比較的その差が小さい波長 λ_1 、 λ_2 を有する光束を抽出しており、楔形透明部材1によって、投影レンズ系13からの互いに波長が異なる結像光束の主光線を互いに平行にする際、両主光線の光路がほぼ一致するように補助光学系31が構成してある。従って、第2実施例において、互いに波長が異なる結像光束の主光線を一致させるために用いた平行平板2と平行平板3が排除できて、補助光学系31の構成が簡便になった。

本実施例において、補助光学系31の収差補正機能を向上させるためには、楔形透明部材1を一方が高分散の楔形部材と他方が低分散の楔形部材とを貼り合せて成る色消し部材とすれば良い。

以上、第4図乃至第8図に示した実施例では、補助光学系31と投影レンズ系13が互いに波長が異なる複数の光でウェハ12を照明する時に用いられていたが、これらの系を介さずウェハ12を照明す

ることもできる。例えば、投影レンズ系13とXYステージ34の間の空間から所定の入射角でレーザー光をウェハ12上に向けて、ウェハ12上のアライメントマーク37を照明できる。この時、投影レンズ系13、補助光学系31を介して撮像装置上に形成されるマーク像は、主としてウェハアライメントマーク37のエッジで生じた回折光によるものである。

又、前記実施例の如く、互いに異なる波長を有する光でウェハアライメントマークの像を撮像装置上に形成する時に各光による像を同時に形成する以外に、各波長による光で順次ウェハアライメントマーク像を撮像装置上に形成することもできる。このような像形成方法を例えば第7図に示した装置で行う場合、各々単色の光を放射するレーザー70、71、72を順次発振させて、撮像装置64上に互いに色(波長)が異なる3色のウェハアライメントマーク像を順次形成し、3色の像の各ビデオ信号の取り込み及び各ビデオ信号毎のウェハ12の位置ズレ量(位置データ)の検出を行う。そして、こ

これらの3種類のビデオ信号から得た複数の位置データに基づいて(例えば各データの平均値を求めて)ウェハの位置情報(位置ズレ量)を求める。また、ウェハの位置情報を求める際に必ず全ての色の像に基づいた位置データを用いる必要はなく、他の位置データと大きく値が異なる異常値をもつデータを判別して、この異常値データはウェハの位置情報を求めるための処理に使用しないようにし、残りのデータだけを使用して位置情報を求めると良い。

本発明を適用する機器として、ここまでは半導体製造用の投影露光装置を例示してきたが、この種の投影装置に限らず様々な投影装置に、本発明は適用可能である。また、半導体製造用投影露光装置に適用する場合であっても、前記各実施例で示された様に、ウェハアライメントマークを観察して、ウェハの投影レンズ系の光軸と直交する平面内に関する位置情報を得る以外に、ウェハ上に形成した所定のマークを観察し、ウェハの投影レンズ系の光軸方向に関する位置情報を得るように

することもできる。この時には、マーク像のコントラストを検出する。

(発明の効果)

以上、本発明では、ウェハなどの物体を互いに波長が異なる複数の光(多色光)で照明し、投影光学系を介して観察する時、投影光学系からの互いに波長が異なる複数の結像光束の主光線を互いに平行にするようにしても投影光学系の瞳の色収差を補正するので、ウェハなどの物体の投影光学系の光軸方向の変位によらず安定した観察が行える。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の基本概念を示す説明図。

第2図は楔形透明部材の作用を示す説明図。

第3図(A)、(B)はメリジオナル面内方向に関して傾けた一对の平行平板の作用を示す説明図。

第4図は本発明を半導体製造用投影露光装置に適用した第1実施例を示す概略図。

第5図は第4図に示す装置の変形例を示す部分的概略図。

第6図は本発明を半導体製造用投影露光装置に適用した第2実施例を示す概略図。

第7図は本発明を半導体製造用投影露光装置に適用した第3実施例を示す概略図。

第8図は本発明を半導体製造用投影露光装置に適用した第4実施例を示す概略図。

- | | | |
|------------------------------------|-------|---------------|
| 1 | ..... | 楔形透明部材 |
| 11 | ..... | レチクル |
| 12 | ..... | ウェハ |
| 13 | ..... | 投影レンズ系 |
| 28, 43, 57, 64 | ..... | 撮像装置 |
| 29, 46 | ..... | 白色光源 |
| 31 | ..... | 補助光学系 |
| 70, 71, 72 | ..... | レーザー |
| R, R ₁ , R ₂ | ..... | レチクルアライメント光学系 |
| W | ..... | ウェハアライメント光学系 |

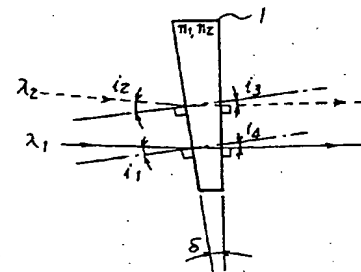
出願人 キヤノン株式会社

代理人 丸 島 儀 一

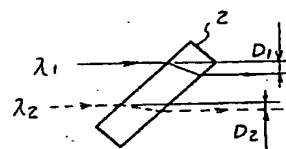
西 山 取 三



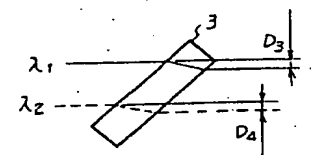
第2図



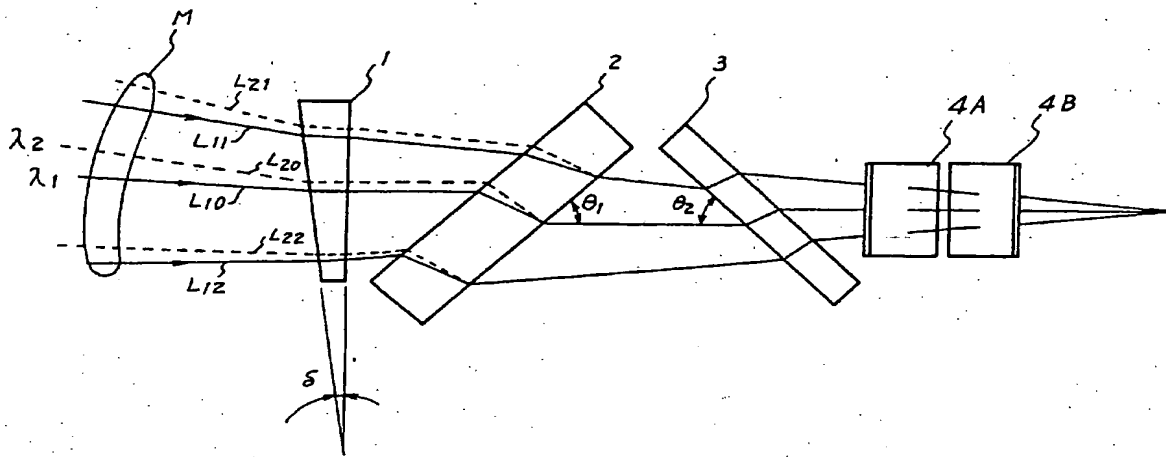
第3図(A)



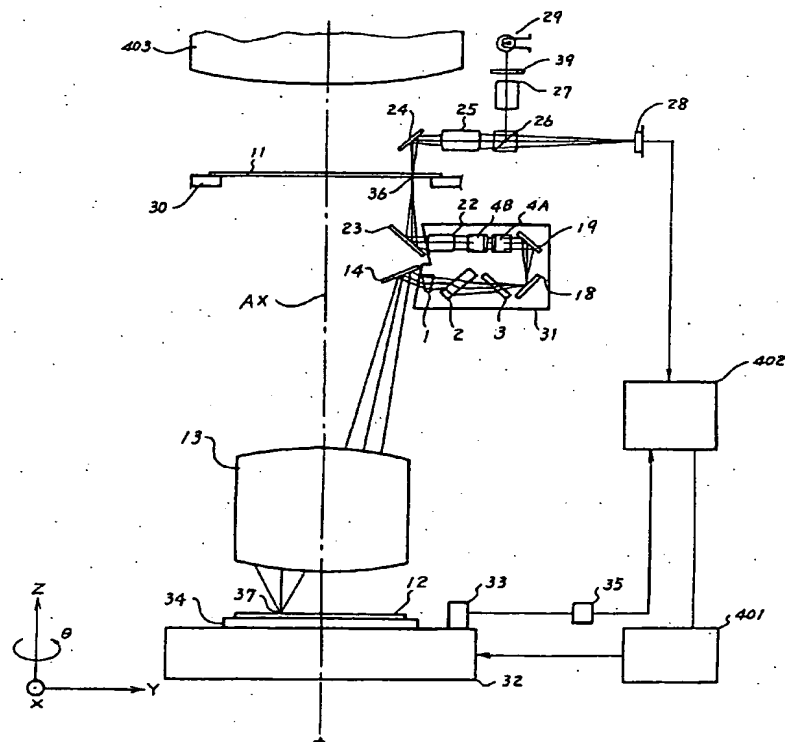
第3図(B)



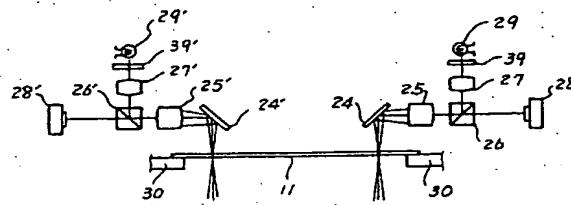
第1図



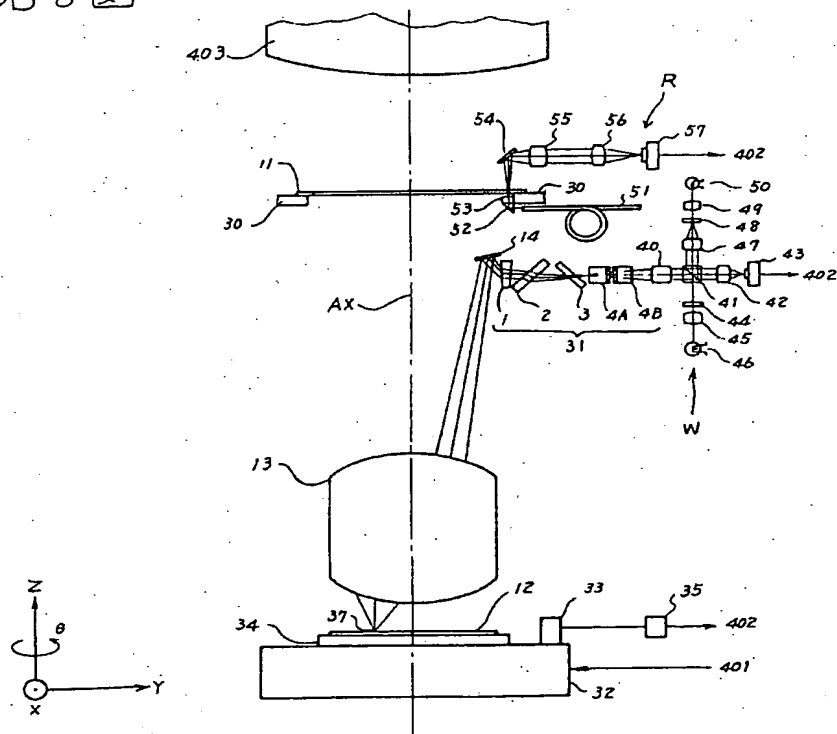
第4図



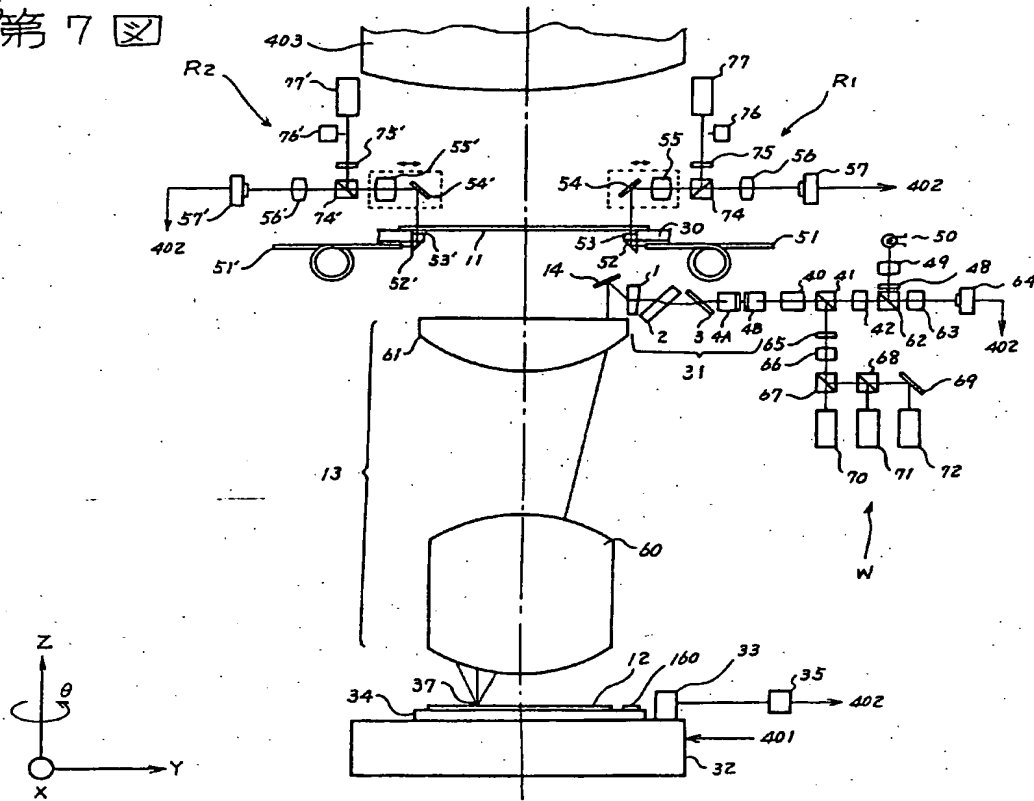
第5図



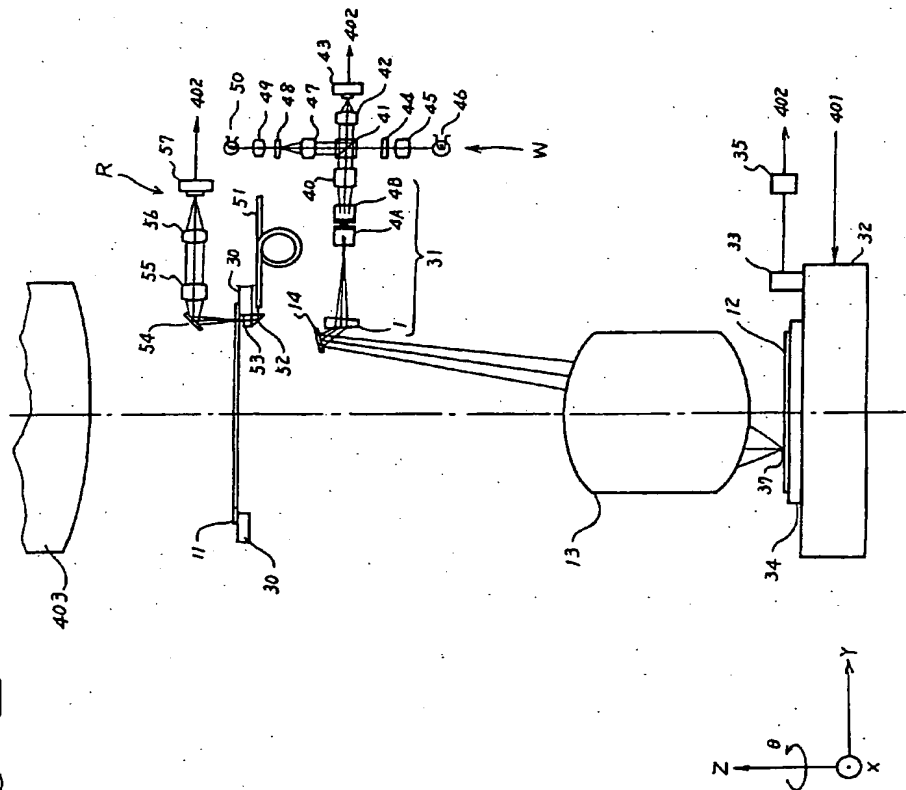
第6図



第7図



第8図



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.